

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-125849

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl.

H04N 1/393

G06T 1/00

G06T 3/40

(21)Application number : 06-258344

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 24.10.1994

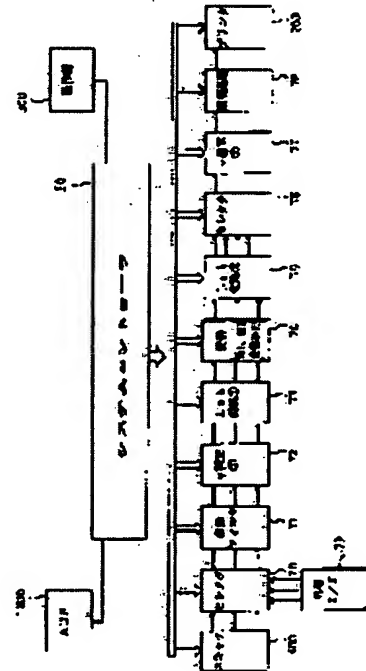
(72)Inventor : AIDA MIDORI

(54) COLOR IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the accuracy of restoration in the case of subjecting a color image to variable power processing, to reduce circuit scale in the case of providing this device with a hardware and to shorten the time for processing in the case of providing this device with a software.

CONSTITUTION: A Lab transforming part 73 performs transformation into L (luminance component), a^* and b^* (color difference components) based on R, G and B corrected in to standard γ characteristics and a variable power part 74 calculates a virtual sampling point due to magnification. Concerning the L, interpolation (at the time of enlargement) of thinning (at the time of reduction) is performed by arithmetic according to a sampling. Besides, concerning the a^* and b^* , weighted averaging is performed between two adjacent picture elements corresponding to the distance. A Lab transforming part 75 transforms the signals L, a^* and b^* subjected to variable power processing by the variable power part 74 into signals Y, M, C and Bk.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開平8-125849

(43)公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 4 N 1/393

G O 6 T 1/00

3/40

G O 6 F 15/ 66

3 1 0

355 A

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平6-258344

(22) 出題日

平成6年(1994)10月24日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 相田 みどり

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

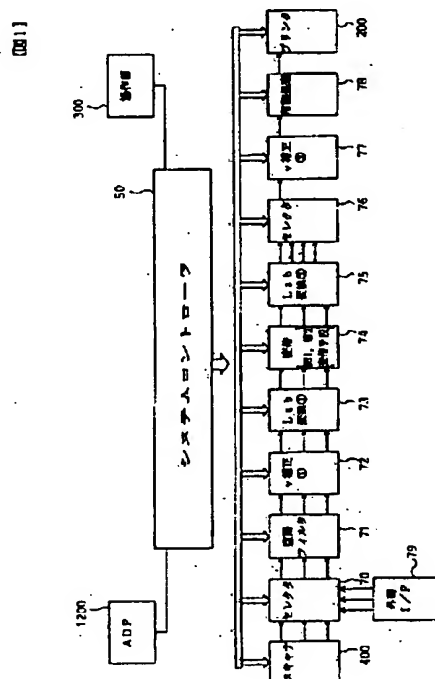
(74)代理人 弁理士 武 顯次郎 (外2名)

(54)【発明の名称】 カラー画像処理装置

(57) 【要約】

【目的】 カラー画像を変倍する場合に復元精度が高く、且つハードウェアで実現する場合には回路規模を小さく、ソフトウェアで実現する場合には処理時間を短くする。

【構成】 Lab変換部73は標準のγ特性に補正されたR、G、Bに基づいてL、a*、b*に変換し、変倍部74は変倍による仮想的なサンプリング点を求め、Lについては標本化定理に従って演算によって補間（拡大時）又は間引き（縮小時）を行う。また、a*及びb*については隣接する2画素間で距離による加重平均化を行う。Lab変換部75は変倍部74により変倍されたL、a*、b*信号をY、M、C、Bk信号に変換する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力されたカラー画像信号を信号処理して出力するカラー画像処理装置において、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分を復元精度が比較的高い手法で変倍する第1の変倍手段と、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分を復元精度が比較的低い手法で変倍する第2の変倍手段と、を備えたカラー画像処理装置。

【請求項2】 前記第1の変倍手段は、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分をコンボリューション法により変倍することを特徴とする請求項1記載のカラー画像処理装置。

【請求項3】 前記第1の変倍手段は、カラー画像信号の輝度成分を変倍することを特徴とする請求項1又は2記載のカラー画像処理装置。

【請求項4】 前記第2の変倍手段は、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分を再現位置における加重平均により変倍することを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載のカラー画像処理装置。

【請求項5】 前記第2の変倍手段は、カラー画像信号の色差成分を変倍することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載のカラー画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、デジタルカラー複写機、カラーDTP、カラーデザインシステムなどにおいてカラー画像を変倍するカラー画像処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】カラー複写機やカラーDTPなどでは、画像を拡大、縮小など変倍することが行われる。この場合、復元精度の要求が高いシステムではより正確な変倍処理を行うためにコンボリューション法などが用いられ、復元精度の要求が低いシステムでは加重平均法や画素単位の単純補間や間引き法などが用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、コンボリューション法は復元精度が高いがハードウェアで実現しようすると回路が大きくなり、ソフトウェアで実現しようすると処理時間が長くなり、また、性能が高いCPUが要求されるという問題点がある。これに対し、加重平均や単純補間、間引き法は回路規模が小さく、また、ソフトウェアによる処理も容易であるが、復元精度がコンボリューション法より劣るという問題点がある。

【0004】本発明は上記従来の問題点に鑑み、カラー画像を変倍する場合に復元精度が高く、且つハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】第1の手段は上記目的を

達成するために、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分を復元精度が比較的高い手法で変倍する第1の変倍手段と、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分を復元精度が比較的低い手法で変倍する第2の変倍手段とを備えたことを特徴とする。

【0006】第2の手段は、第1の手段において前記第1の変倍手段が、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分をコンボリューション法により変倍することを特徴とする。

【0007】第3の手段は、第1または第2の手段において前記第1の変倍手段が、カラー画像信号の輝度成分を変倍することを特徴とする。

【0008】第4の手段は、第1ないし第3の手段において前記第2の変倍手段が、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分を再現位置における加重平均により変倍することを特徴とする。

【0009】第5の手段は、第1ないし第4の手段において前記第2の変倍手段が、カラー画像信号の色差成分を変倍することを特徴とする。

【0010】

【作用】第1の手段では、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分は第1の変倍手段によって復元精度が比較的高い手法で変倍され、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分は第2の変倍手段によって復元精度が比較的低い方法で変倍される。したがって、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分が復元精度が比較的高い手法で変倍されることになり、これによって復元精度を高めることができ、また、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分は復元精度が比較的高い手法で変倍されることがないので、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【0011】第2の手段では、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分は第1の変倍手段によってコンボリューション法により変倍されるので、復元精度を高めることができる。

【0012】第3の手段では、カラー画像信号の輝度成分が第1の変倍手段によってコンボリューション法により変倍されるので、復元精度を高めることができる。

【0013】第4の手段では、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分は第2の変倍手段によって再現位置における加重平均により変倍されるので、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【0014】第5の手段では、カラー画像信号の色差成分は第2の変倍手段によって再現位置における加重平均で変倍されるので、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することが

3

できる。

【0015】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1は本発明に係るカラー画像処理装置の一実施例を示すブロック図、図2は図1のカラー画像処理装置が適用された4ドラム方式のデジタルカラー複写機を示す構成図、図3は図1のカラー画像処理装置が適用された1ドラム方式のデジタルカラー複写機を示す構成図、図4は変倍時の仮想サンプリング点を示す説明図、図5は3次関数コンボリューション法による補間演算を示す説明図、図6は図5における補間係数を示す説明図である。

【0016】まず、図2を参照して本実施例のカラー画像処理装置が適用された4ドラム方式のデジタルカラー複写機について説明する。部材201～210は画像を入力するための画像読み取り（スキャナ）部を構成し、部材212～234はスキャナ部201～210から得られて画像処理されたデジタル画像データを用いて画像を用紙上に記録するプリンタ部を構成している。

【0017】原稿はコンタクトガラス202上に載置されて圧板201により押圧される。スキャナ部の蛍光灯204とCCD205は主走査方向（図面の直交方向）に延びるようにキャリッジ203（画素読み取り装置）に搭載され、キャリッジ203はホームポジションセンサ206を基準として矢印で示すように副走査方向に移動する。蛍光灯204はコンタクトガラス202上の原稿を照明する光源であり、CCD205は原稿の反射光を画素単位で電荷量に変換する光電変換装置であって原稿をライン単位で読み取る。したがって、原稿が二次元で読み取られ、デジタルデータに変換される。スキャナ制御装置210はキャリッジ203の制御、プリンタ部212～234および外部装置との制御信号の制御を行う。

【0018】画像処理装置209は画素データに濃度変換等の処理を施す。記憶装置207および外部装置とのインターフェースボード208は画素読み取り装置203からの画素データを記憶装置207または外部装置へ送ったり、記憶装置207または外部装置からの画像データを受信する。記憶装置207はフロッピーディスク等の記録媒体に画像データを書き込んだり、画像データを読み込む。コネクタ211は外部装置と画像データおよび制御データを送受信するために用いられる。

【0019】システム制御装置228は本システム全体の制御をつかさどり、画像処理装置229はスキャナ部201～210からの画像データに画像処理を施す。プリンタ制御装置230は用紙上に画像を出力するためにプリンタ部212～234の制御を行う。プリンタ部212～234は4系統で構成され、各レーザ出力装置212から発射されたレーザ光線はコリメータレンズ213によって集束され、ポリゴンミラー226、227に

4

より反射され、主走査方向に走査される。この光線はミラー214、シリンдриカルレンズ215を経て感光体216上に主走査方向に照射される。

【0020】感光体216はこの照射前に予め、帯電装置217によって一定のポテンシャルに帯電されており、レーザ光線が照射されることによりポテンシャルが上昇し、静電潜像が形成される。これに対して、現像器218のトナー担持体はその間のポテンシャルを有し、負に帯電しているトナーがポテンシャルの高い感光体上のレーザ照射部に付着する。また、感光体216は時計回り方向に回転し、レーザ出力装置212をオン/オフすることにより感光体216上の任意の場所にトナーを付着させ、したがって、潜像をトナーで可視化することが可能となる。

【0021】用紙は用紙トレイ224、225から給紙ローラ222、223によって選択されて給紙され、レジストローラ220まで運ばれ、レジストローラ220により感光体216上のトナー像に一致するように用紙搬送タイミングが正確に制御される。レジストローラ220を通過した用紙は搬送ベルト221により感光体216まで搬送され、感光体216上のトナー像が用紙上に転写される。転写後の感光体216の表面はクリーニング装置219によって初期化され、再び帯電装置217によって帯電される。また、クリーニング装置219によってクリーニングされたトナーは排トナータンク234に蓄積される。

【0022】図2に示すデジタルカラー複写機は4つの作像ユニットを有する。各ユニットは部材212～219と同様の構成を有し、それぞれイエロー、マゼンタ、シアン、ブラックの各色に対応した像を作製して用紙上に重ねることによりフルカラー画像を作製する。各色の転写後、分離チャージャ231によって搬送ベルト221から分離された用紙上のトナー像は定着装置232によって用紙上に定着され、定着後の用紙は排紙トレイ233上に排出される。

【0023】次に、図3を参照して本実施例のカラー画像処理装置が適用された1ドラム方式のデジタルカラー複写機について説明する。この複写機は概略的にレーザプリンタ100と、自動原稿送り装置（ADF）1200と、操作ボード300とイメージスキャナ400により構成されている。イメージスキャナ400はコンタクトガラス401の下方に配置された画像読み取り部が図の左右方向に移動することによりコンタクトガラス401上の原稿を副走査方向に走査する。

【0024】また、照明用のランプ402の光はコンタクトガラス401上の原稿の画像の濃淡に応じて反射され、この反射光すなわち原稿像が多数のミラー及びレンズを介してダイクロイックプリズム410に入射する。ダイクロイックプリズム410は入射光を波長に応じてR、G、Bの3色に分光し、この分光された光が3つの

5

一次元CCDイメージセンサに入射する。したがって、1回の読み取りでR、G、Bの3色を同時に読み取ることができる。

【0025】ADF1200はイメージスキャナ400の上方に配置され、原稿台1210に載置された多数の原稿を1枚毎にコンタクトガラス401上に搬送する。この場合、呼出しコロ1212が最も上の原稿の上面に当接して給紙し、また、分離コロ1213が原稿の重送を防止する。このようにして所定位置まで給紙された原稿はプリアウトローラ1217及び搬送ベルト1216によりコンタクトガラス401上に搬送され、所定の読み取り位置すなわち原稿の先端がコンタクトガラス401の図の左端位置に到達すると停止する。読み取りが終了すると搬送ベルト1216が再び駆動されてコンタクトガラス401上から排出され、原稿台1210上の次の原稿が給紙される。

【0026】呼出しコロ1212の上流には原稿台1210上の原稿の有無を検出する光学センサ1211が配置され、分離コロ1213とプリアウトローラ1217の間には原稿の先端とサイズを検出する光学センサ1214が配置されている。光学センサ1214は主走査方向に配列された複数のセンサにより構成され、各センサの検出信号の組み合わせにより原稿の主走査方向のサイズすなわち幅を検出することができる。また、図示しない駆動モータには、回転量に応じたパルスが発生するパルス発生器が設けられ、光学センサ1214が原稿の先端と後端を検出することにより原稿の副走査方向のサイズすなわち長さを検出することができる。

【0027】なお、呼出しコロ1212と分離コロ1213は給紙モータにより駆動され、プリアウトローラ1217と搬送ベルト1216は搬送モータにより駆動される。また、プリアウトローラ1217の下流にはレジストセンサとしての光学センサ1215が配置されている。

【0028】レーザプリンタ100は1つの感光体ドラム1を有する。感光体ドラム1の周囲には帯電チャージャ5、書き込みユニット3、4つの現像ユニット4（4M、4C、4Y、4BK）、転写ドラム2、クリーニングユニット6などが設けられている。感光体ドラム1の表面は、まず帯電チャージャ5により発生するコロナ電流により一様に帯電され、次いで書き込みユニット3が発生するレーザ光の強度に応じて帯電電位が変化して静電潜像が形成される。

【0029】この場合、書き込みユニット3は不図示のレーザダイオード、モータ3a、多面鏡3b、レンズ3c、ミラー3d及びレンズ3eを有し、記録すべき画像に対応する画素単位の2値信号（記録有り／記録無し）が各画素位置で多面鏡3bの回転位置と同期するようにレーザダイオードに印加される。すなわち画像の各走査位置でその画素の濃度（記録有り／記録無し）に応じて

6

レーザ光がオン／オフされ、感光体ドラム1の表面の電位分布が原稿画像の濃淡に対応して静電潜像が形成される。この静電潜像は4つの現像ユニット4M、4C、4Y、4BKの1つによりその色のトナーで現像され、トナー像が転写ドラム2上で転写される。

【0030】一方、カセット11に保持された転写紙は給紙コロ12により取り込まれ、レジストローラ13により送り込まれ、転写ドラム2の表面に密着した状態で転写ドラム2の回転に伴って移動し、転写チャージャ7により転写ドラム2上のトナー像が転写される。次いで、単色モード時には転写紙は分離チャージャ8により転写ドラム2から分離される。これに対し、フルカラーモード時には転写紙は最初にBK色の像が転写されると、転写ドラム2から分離されることなく次にM、C、Y色の像が順次転写されてフルカラー像が生成される。次いでこの転写紙は分離チャージャ8により転写ドラム2から分離され、トナー像が定着器9により定着された後、排紙トレイ10上に排出される。

【0031】次に、図1を参照して本実施例のカラー画像処理装置について説明する。この装置はマイクロコンピュータ等により構成されるシステムコントローラ50により制御される。この場合、制御タイミングの基準となるクロックパルスが生成され、また、各ユニット70～78間の信号の同期を取るために各種の信号が入出力する。図1は図3に示す複写機のものを示し、走査タイミングの基になる主走査同期信号は、レーザプリンタ100の多面鏡3bの走査に同期している。

【0032】図1に示すイメージスキャナ400は、読み取ったR、G、Bの各色の画像信号をA/D変換し、各々8ビットのカラー画像情報をセクタ70を介して画像処理ユニットに出力する。画像処理ユニットは空間フィルタ71と、 γ 補正部72、R、G、BからL（輝度成分）、 a^* 、 b^* （色差成分）に変換するLab変換部73と、後述するような変倍処理を行う変倍部74と、L、 a^* 、 b^* からY、M、C、BKに変換するLab変換部75と、セクタ76と、 γ 補正部77と階調処理部78を有する。

【0033】空間フィルタ71ではスキャナ400を介して入力する際のモアレなどを除去し、 γ 補正部72はスキャナ400の光源を含むスキャナ400の実際の γ 特性を標準の γ 特性に補正する。Lab変換部73はこの標準の γ 特性に補正されたR、G、BをL、 a^* 、 b^* に変換し、変倍部74は変倍による仮想的なサンプリング点を求め、Lについては標本化定理に従って演算によって補間（拡大時）又は間引き（縮小時）を行う。また、 a^* 及び b^* については隣接する2画素間で距離による加重平均化を行う。

【0034】この変倍について更に詳しく説明する。図4は一例として80%縮小時と120%拡大時を示し、等倍時にはCCD画素ピッチで読み取った画像データを

同一のピッチでドラム上に書き込む。これに対し、変倍時にはCCD10画素分の画像信号を変倍率画素分の画像信号に読み直し、等倍時と同一のピッチでドラム上に書き込む。

【0035】ここで、変倍率画素分の画像信号に読み直した時の位置にはCCDがないので、その位置にCCDがあると仮定し（仮想サンプリング点）、その点の前後各2個のCCDの読み取りデータから読み直した時のデータを求める。図4は仮想サンプリング点が1/8画素単位である場合を示す。

【0036】図5は3次関数コンボリューション法による補間演算を示し、図5（b）に示すようにデータd[i]とd[i+1]との間に仮想サンプリング点（所望のデータ点）が存在するとき、仮想点とデータd[i]との距離rを求め、距離rから図5（d）に示すような補間係数h（r）を求め、図5（a）に示す式により仮想点のデータx[i]を求める。図6は距離rを求める精度を1/8とした場合の補間係数h（r）を示す。

【0037】また、a*及びb*については、隣接する2画素間で距離による加重平均では、仮想サンプリング点のデータをd、その前後の実際の点のデータをd0、d1、仮想サンプリング点とその前の点との距離をrとすると、データdは次式で求めることができる。

【0038】

$$d = (1-r) \times d0 + r \times d1 \quad (0 \leq r < 1)$$

ここで、rの精度を1/8とすると、rの値は0、1/8、2/8、3/8、4/8、5/8、6/8、7/8のみとして簡略化することができる。

【0039】図1に戻り、Lab変換部75は変倍部74により変倍されたL、a*、b*信号をY、M、C信号に変換し、更に出力系の特性や画像の種類を考慮してBk信号を算出すると共に、UCR（下地除去）を考慮してY、M、C信号からBk信号を減算する。セレクト76は図3に示す1ドラム方式に必要であり、Y、M、C、Bkの各作像時にその色信号を選択する。γ補正部77は標準のγ特性を出力系のγ特性に補正し、階調処理部78はディザ等により階調処理を行う。

【0040】また、外部からのR、G、Bデータは外部1/F79、セレクト70を介して入力可能であり、また、外部からL、a*、b*データが入力する場合にはLab変換部73をそのまま通過する。更に、変倍部74により変倍されたL、a*、b*信号を外部に出力する場合には変倍部74の後段にセレクトを設け、外部1/F79を介して出力することができる。また、外部装置がモニタの場合には、モニタの特性を考慮した変換テーブルを外部1/F79に設けてもよい。

【0041】したがって、上記実施例によれば、重要度が比較的高い輝度成分（L）を復元精度が比較的高いコンボリューション法により変倍し、重要度が比較的低い

色差成分（a*、b*）を復元精度が比較的低い画素単位の単純補間や間引き法により変倍するので、復元精度が高く、且つハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【0042】また、色差成分は（a*、b*）の代わりに、（a、b）、（u、v）、（u*、v*）を加重平均法や画素単位の単純補間や間引き法により変倍することにより、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように請求項1記載の発明によれば、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分が復元精度が比較的高い方法で変倍され、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分が復元精度が比較的低い方法で変倍されるので、復元精度を高めることができ、また、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分が復元精度が比較的高い方法で変倍されないで、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【0044】請求項2記載の発明によれば、カラー画像信号の重要度が比較的高い成分がコンボリューション法により変倍されるので、復元精度を高めることができる。

【0045】請求項3記載の発明によれば、カラー画像信号の輝度成分がコンボリューション法により変倍されるので、復元精度を高めることができる。

【0046】請求項4記載の発明によれば、カラー画像信号の重要度が比較的低い成分が再現位置における加重平均により変倍されるので、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間が短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【0047】請求項5記載の発明によれば、カラー画像信号の色差成分が再現位置における加重平均により変倍されるので、ハードウェアで実現する場合には回路規模が小さく、また、ソフトウェアで実現する場合には処理時間も短いカラー画像処理装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るカラー画像処理装置の一実施例を示すブロック図である。

【図2】図1のカラー画像処理装置が適用された4ドラム方式のデジタルカラー複写機を示す構成図である。

【図3】図1のカラー画像処理装置が適用された1ドラム方式のデジタルカラー複写機を示す構成図である。

【図4】変倍時の仮想サンプリング点を示す説明図であ

る。

【図5】3次関数コンボリューション法による補間演算を示す説明図である。

【図6】図5における補間係数を示す説明図である。

【符号の説明】

50 システムコントローラ

70, 76 セレクタ

71 空間フィルタ

72, 77 ガンマ補正部

73, 75 Lab変換部

74 変倍部

78 階調処理部

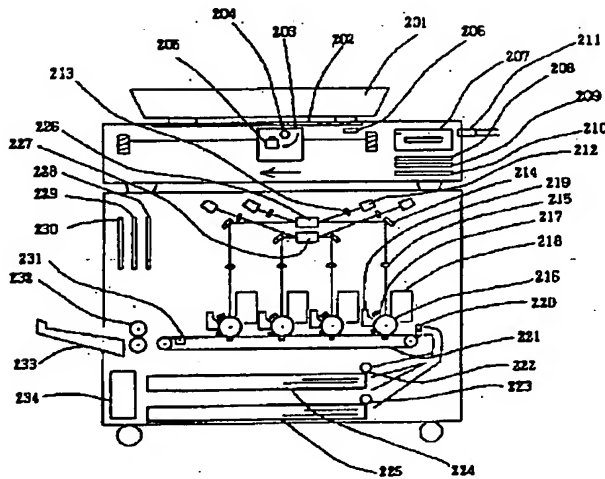
79 外部I/F部

200 プリンタ

400 スキャナ

【図2】

【図2】



【図6】

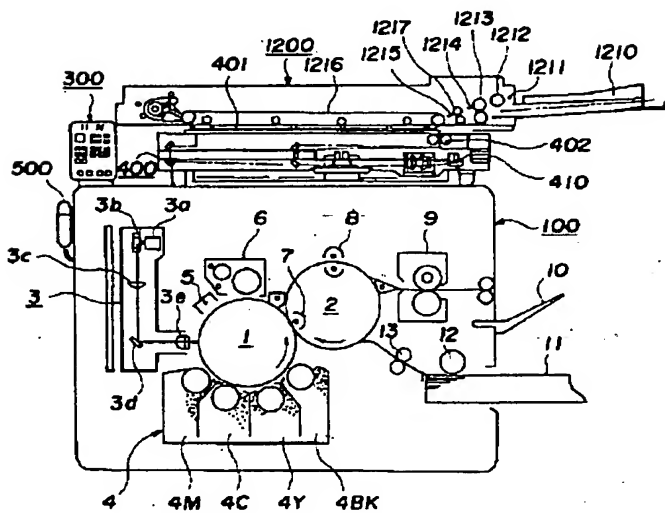
【図6】

	$b[1+r]$	$b[r]$	$b[1-r]$	$b[2-r]$
0	0	64	0	0
1/8	-8	62	8	-1
2/8	-9	57	19	-2
3/8	-9	48	30	-6
4/8	-8	40	40	-8
5/8	-6	30	49	-9
6/8	-3	19	57	-9
7/8	-1	9	62	-6

*(1/64)

補間係数

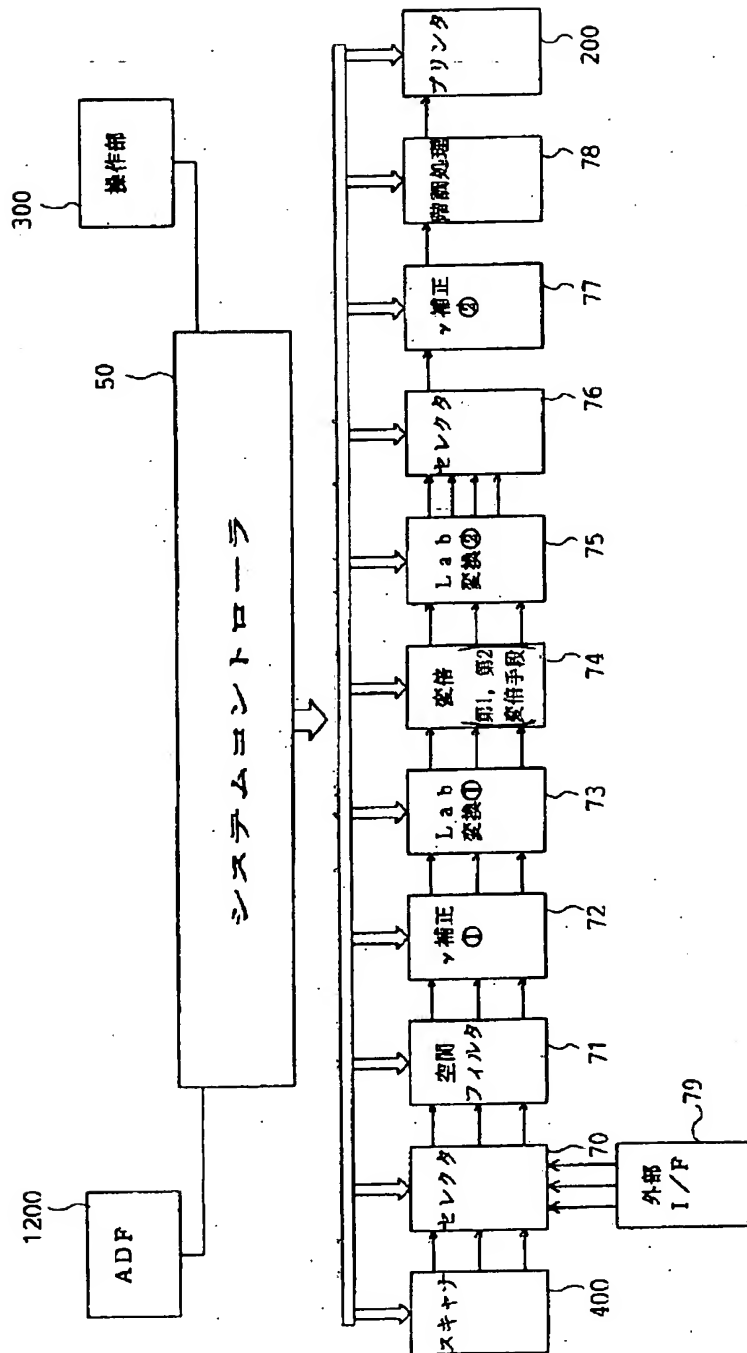
【図3】



【図3】

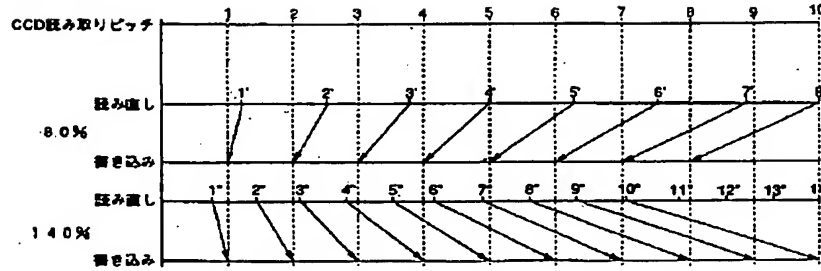
【図1】

【図1】



【図 4】

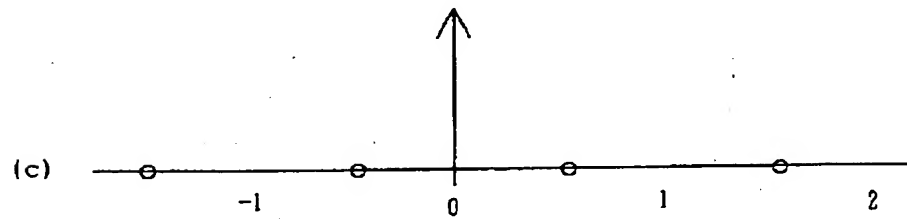
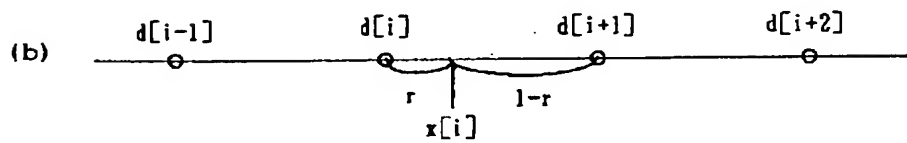
【図 4】



【図 5】

【図 5】

$$(a) \quad x[i] = \frac{d[i-1]h[1+r] + d[i]h[r] + d[i+1]h[1-r] + d[i+2]h[2-r]}{h[1+r] + h[r] + h[1-r] + h[2-r]}$$



$$(d) \quad h(r) = \frac{\sin \pi x}{\pi x} \quad \xrightarrow{\text{近似}} \quad h(r) = \begin{cases} 1-2|r|^2 + |r|^3 & (0 \leq |r| \leq 1) \\ 4-8|r| + 5|r|^2 - |r|^3 & (1 \leq |r| \leq 2) \\ 0 & (|r| \geq 2) \end{cases}$$